



BAB IV

ANALISIS DATA

4.1 Identifikasi dan Spesifikasi Pompa

Berikut ini adalah spesifikasi Pompa Sentrifugal G – 930 A yang digunakan dalam pengolahan EO atau *Ethylene Oxyde* pada PT Polychem Indonesia Tbk. Pompa tersebut adalah pompa sentrifugal bertipe tunggal yang dimana hanya memiliki satu impeller tunggal untuk menghasilkan tekanan dan memindahkan fluida.

Pompa yang beroperasi selama 24 jam setiap harinya harus tetap aktif tanpa dihentikan, karena ini akan berdampak pada produksi *Ethylene Oxide* yang harus berlangsung terus-menerus. Karena operasi non-stop ini, pompa dapat mengalami kerusakan sehingga perawatan diperlukan agar mesin dapat berfungsi secara optimal kembali. Berikut ini merupakan spesifikasi pompa sentrifugal tunggal dari Worthington.

1. Jenis Pompa : Centrifugal Pump ERPN 32-250
2. Tipe : Tunggal
3. Merk : Worthington
4. Pembuatan : Austria
5. Serial No. : W 314.169
6. Capacity : 20 m
7. Total Head : 80 m
8. Power Inp. : 10,2
9. Density : 0.975
10. RPM : 2900 R/min
11. Test PR. : 30
12. Thrust BRG : 7309 BC
13. Line BRG : NU 309
14. Cons. Year : 1989
15. Weight : 69 kg



Gambar 4.1 Pompa Sentrifugal G-930 A

Pompa Sentrifugal Tunggal G-930 A, dapat dilansir dari angka depan kode nya bahwa Pompa ini berada di area 930, dan huruf A merupakan kode pembeda dimana pada plant ini setiap *section* pompa pasti memiliki pompa cadangan tujuannya agar saat terjadi kerusakan pada salah satu pompa masih terdapat pompa cadangan sehingga proses produksi masih dapat berjalan dan menghasilkan produk Pompa Sentrifugal Tunggal G-930 A ini adalah pompa pada area 930 yang mengalirkan air panas yang dibalikan kepada *coal generator* dan diteruskan menuju pembangkit listrik, dan mengalirkan air panas kepada reaktor.

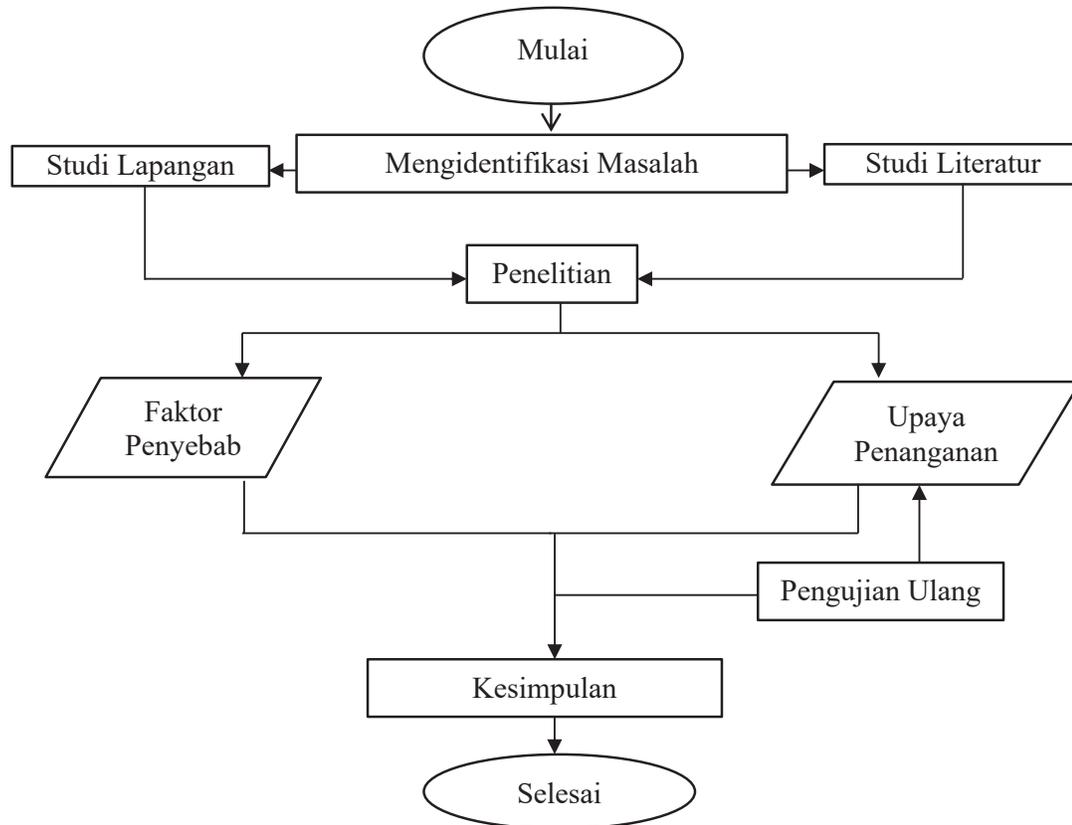
Pompa sentrifugal tunggal adalah jenis pompa yang menggunakan satu impeller tunggal untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang mendorong cairan keluar dari pompa. Impeller ini dipasang di dalam casing pompa dan berputar dengan kecepatan tinggi, menciptakan tekanan yang memaksa cairan untuk mengalir ke arah luar melalui pipa keluaran.



Gambar 4.2 *Mechanical Seal* pada Pompa Sentrifugal G-930 A

4.2 Diagram Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir yang digunakan oleh penulis untuk melaksanakan kerja praktik pada PT. Polychem Indonesia Tbk.

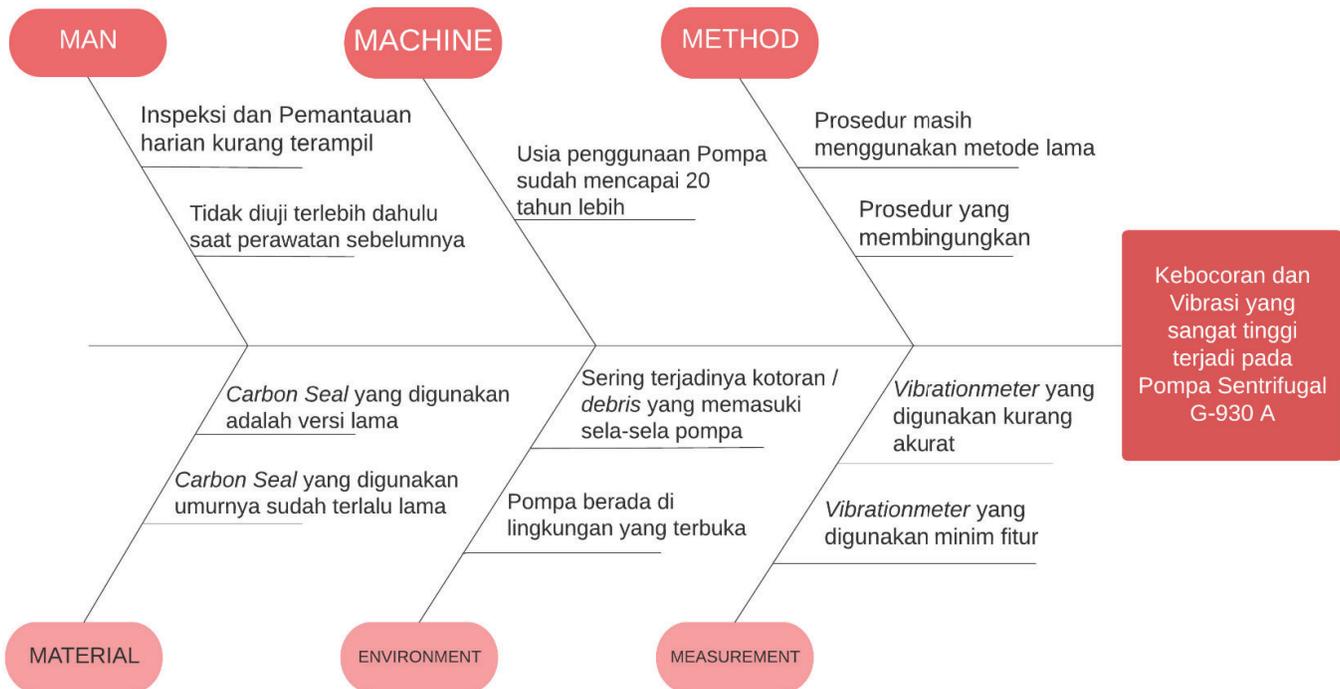


Gambar 4.3 Diagram Alir Kerja Praktik

4.3 Identifikasi Kegagalan terhadap Pompa Sentrifugal G-930 A

Pompa sentrifugal tunggal juga memiliki keterbatasan, yaitu tidak cocok untuk aplikasi dengan tekanan yang sangat tinggi dan tidak dapat mengatasi aliran cairan yang tidak stabil dengan baik. Agar penulis dapat mengidentifikasi kegagalan terhadap Pompa Sentrifugal G-930 A, perlu diterapkannya *maintenance* terhadap Pompa itu sendiri, dengan metode *visual inspections* pompa ini sudah terlihat umurnya yang sudah tua sehingga *exterior* pada pompa ini sudah pada karatan, ditambah terdapat kebocoran cairan dimana apabila *mechanical seal* yang terdapat pada pompa ini masih layak, kebocoran cairan ini mustahil untuk terjadi. Dikarenakan Pompa Sentrifugal

G-930 A ini terlihat sudah sangat dibutuhkan *maintenance* agar dapat berjalan dengan optimal lagi maka dapat dikategorikan *maintenance* yang diterapkan pada kali ini ialah *corrective maintenance* karena perawatan ini dilakukan setelah terjadinya ketidaksesuaian pada pompa. Untuk perbaikan pompa sendiri dilakukan dengan cara membongkar keseluruhan pompa dan melakukan perbaikan pada bagian yang rusak. Untuk dapat mengidentifikasi masalah yang terjadi dapat dilakukan dengan menggunakan diagram tulang ikan atau *Fishbone*.

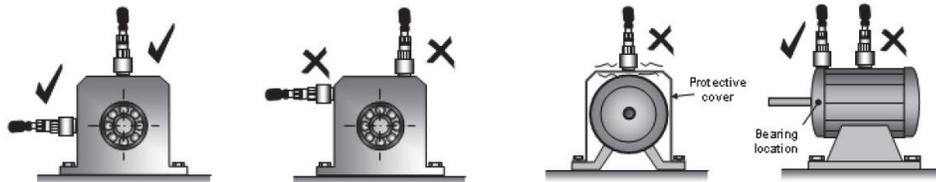


Gambar 4.4 Diagram *Fishbone*

Ketika pompa ini dibandingkan dengan tetangganya yakni Pompa Sentrifugal G-930 B, pompa ini jauh lebih berisik yang diakibatkan oleh getaran yang diukur menggunakan *vibrationmeter* yang sangat tinggi dengan suhu yang tercatat lebih panas dari Pompa G-930 B yang telah dilakukan *maintenance*. Dari berbagai kejanggalan yang telah penulis temukan maka dapat dipastikan adanya masalah pada Pompa Sentrifugal G-930 A.

Untuk menghindari *noise* dan gangguan lainnya, maka pengambilan data dilakukan sedekat mungkin dengan *bearing*. Prinsip utamanya: Ambil sedekat

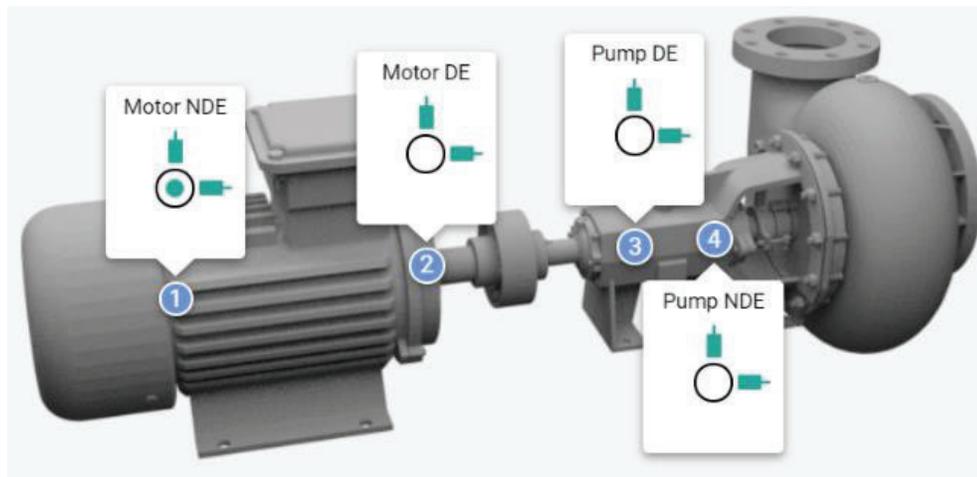
mungkin dengan *bearing*, lebih spesifik sedekat mungkin dengan *centerline* dari *bearing*.



Gambar 4.5 Penempatan Sensor

(Sumber: linkedin.com)

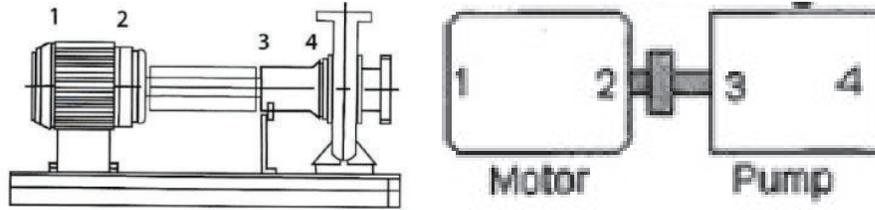
Titik pengambilan data vibrasi diambil sedekat mungkin dengan bearing pada arah horizontal, dan aksial. Terdapat minimal 2 bearing pada permesinan. Ada beberapa istilah yang menyatakan posisi kedua bearing relatif terhadap kopling/beban.



Gambar 4.6 NDE & DE

(Sumber: power-mi.com)

1. *Non-Driven-End / Outboard*
Sisi yang tidak menerima beban atau sisi yang tidak tersambung dengan kopling.
2. *Driven-End / Inboard*
Sisi yang menerima beban atau sisi yang tersambung dengan kopling.



Gambar 4.7 Titik pengambilan data vibrasi
(Sumber: linkedin.com)



Gambar 4.8 Pengukuran Vibrasi pada Pompa Sentrifugal G-930 A

Semua komponen berputar (rotor, *fan*, pompa, dll) ditopang oleh 2 buah *bearing*. Fungsi *bearing* selain untuk mengurangi gesekan juga berfungsi untuk menopang komponen berputar dan akibat hal inilah bearing juga akan menerima gaya apapun yang dihasilkan oleh komponen berputar. Karena *bearing* terletak didalam permesinan dan tertutup oleh *casing*, maka pengambilan data diambil pada *casing* (*non-rotating part*). Berikut ini adalah data vibrasi yang diperoleh dari bagian *Quality Control* PT. Polychem Indonesia Tbk. dan panduan *maintenance* yang dianjurkan oleh Departemen *Maintenance* di PT. Polychem Indonesia Tbk.

Tabel 4.2 Vibrasi Pompa saat *trouble*

Deskripsi	<i>Motor</i>	<i>Pump</i>
Horizontal (<i>Inboard</i>)	105 μ	97 μ
Vertikal (<i>Outboard</i>)	87 μ	83 μ

5 dB	Noise Level	80 dB - 85 dB	Noise L
4 μ	Vibration	51 μ - 88 μ	Vibrati
0 °C	Temperature	50 °C - 80 °C	Tempe
20	Centrifugal Pump G-930		Ce
-650	Class	ERP 32-250	Class
ton	Manufacturer	Worhtington	Manu
	Location	Plant 900	Locat
	Quantity	2	Quant
	Designed to be operated at		
5 Psi	Discharge Pressure	40 Psi - 48 Psi	Discha
5 dB	Noise Level	80 dB - 85 dB	Noise
0 μ	Vibration	40 μ - 72 μ	Vibrat
0 °C	Temperature	50 °C - 80 °C	Tempe
0	Centrifugal Pump G-960		C
450	Class	ERP 32-350	Class

Gambar 4.9 Panduan *maintenance* Pompa Sentrifugal G-930 dari PT Polychem

4.4 Tahapan Perbaikan Pompa Sentrifugal G-930 A

Pompa Sentrifugal G-930 A ini berdesain “pompa tarik belakang” dimana tipe desain inilah yang memenuhi persyaratan kilang untuk pembongkaran dan perakitan ulang yang cepat. Langkah-langkah yang dilaksanakan oleh karyawan PT. Polychem Indonesia Tbk. untuk menerapkan *corrective maintenance* terhadap Pompa Sentrifugal G-930 A adalah sebagai berikut.

1. Matikan Listrik.
2. Menutup katup isolasi saluran masuk dan keluar lalu menguras selubung pompa dengan melepas sumbat pembuangan selubung.
3. Memutuskan sambungan Pompa Sentrifugal dengan melepaskan elemen pengatur jarak pada kopling pompa. Kemudian melepaskan baut *casing* dan geser sisa pompa keluar dari *casing*. *Mechanical seal* dapat diakses tanpa harus melepaskan casing dari pipa saluran masuk dan keluar.
4. Melepaskan *impeller* yang terpasang dari poros karena *mechanical seal* terletak di belakang *impeller* pada poros pompa. *Impeller* disekrup ke poros atau ditahan melalui baut., menggunakan kunci pas untuk menahan poros pada tempatnya dan memutar *impeller* searah jarum jam hingga terlepas sepenuhnya, dan melepas *impeller* yang dibaut, dengan memegang poros pada tempatnya dan melepaskan bautnya.
5. Melepaskan komponen *mechanical seal* yang terdapat keretakan pada *carbon seal*.

6. Menggantikan komponen *mechanical seal* dengan yang baru dengan catatan pemasangan *mechanical seal* menggunakan instruksi khusus dari produsen *mechanical seal* yakni John Crane International.
7. Memasang *impeller*.
8. Menyambungkan kembali *casing* dengan menggunakan baut *casing* aslinya dengan menggeser rakitan tarik belakang ke atas *casing* yang terpasang dan mengkencangkan pada tempatnya.
9. Menghubungkan kembali pompa dengan memasang kembali elemen penjarak ke hub kopling yang ada di sepanjang pompa dan poros motor, dan memastikan kaki pemasangan rakitan tarik belakang dibaut kembali ke tempatnya pada pompa dan mensejajarkan kembali pompa dan motor.
10. Menyalakan kembali listrik dan menyalakan mesin setelah mengisi ulang *casing* pompa dengan membuka katup isolasi *inlet* dan *outlet*.
11. Melakukan tindakan pencegahan keselamatan yang benar dengan mengamati dan menelusuri IOM (*Installation, Operation, and Maintenance*) pada Pompa Sentrifugal G-930 A.



Gambar 4.10 *Crack* pada Carbon Mechanical Seal

Setelah dibantu oleh para karyawan PT. Polychem Indonesia Tbk. Divisi Merak untuk membongkarkan Pompa Sentrifugal G-930 A didapatkan sebuah jawaban dari kegagalan pada mesin Pompa Sentrifugal G-930 A yang dimana dapat dilihat pada gambar diatas bahwa *Carbon O-Ring Seal* pada *Mechanical Seal* mengalami *crack* dimana inilah faktor penyebabnya kebocoran cairan pada pompa tersebut serta peningkatan pada getaran, dan kebisingan pompa. Kerusakan yang dialami pada *mechanical seal* ini cenderung tidak dapat ditoleransi lagi, sehingga solusi terbaik ialah dengan mengganti part tersebut,

karena sudah tidak ada cara lain selain menggunakan *spare part* baru agar pompa dapat berjalan secara optimal lagi.



Gambar 4.11 *Carbon Seal* rusak (kiri) vs *Carbon Seal* baru (kanan)

Dapat dilihat pada gambar diatas perbandingan dan perbedaaan *Carbon O-Ring Mechanical Seal* yang lama dengan yang baru, setelah digantikan dengan yang baru dan tidak lupa untuk melepaskan perekat nya pasanglah kembali kepada komponen *Mechanical Seal* serta dipastikan telah mengunci seluruh baut dengan pas dan telah dilakukan *assembly* secara sempurna lalu dipasangkan kembali keseluruhan komponennya pada Pompa Sentrifugal G-930 A.



Gambar 4.12 Pemasangan kembali pada Pompa Sentrifugal G-930 A

4.5 Analisa Hasil Perbaikan Pompa Sentrifugal G-930 A

Dalam proses manufaktur *Ethylene Oxide* (EO), dibutuhkan sebuah pompa sentrifugal dengan tekanan tinggi untuk mengoperasikan sistem produksi. PT. Polychem Indonesia Tbk. menggunakan Pompa Sentrifugal G-930 A yang berasal dari Amerika Serikat untuk memfasilitasi proses produksi EO ini.



Meskipun demikian, terdapat beberapa faktor yang dapat menghalangi kelancaran proses produksi EO ini, sebagai berikut.

1. Tekanan yang berlebihan pada *carbon mechanical seal* tersebut akibat dari beban operasional yang tinggi dikarenakan mesin pompa terus dinyalakan 24 jam tanpa henti.
2. Gesekan dan panas yang dihasilkan selama operasi juga dapat menyebabkan abrasi dan kerusakan pada permukaan *carbon mechanical seal*, yang pada akhirnya dapat menyebabkan retak.
3. Ketidakstabilan aliran fluida yang dipompa. Jika ada perubahan tiba-tiba dalam aliran atau tekanan fluida, seperti lonjakan tekanan atau hambatan dalam aliran, ini dapat memberikan beban tambahan pada *carbon mechanical seal* dan menyebabkan stres yang berlebihan, yang kemudian dapat mengakibatkan keretakan pada material seal.
4. Kondisi lingkungan operasional juga dapat mempengaruhi keawetan *carbon mechanical seal*. Misalnya, jika pompa digunakan untuk mengalirkan cairan yang korosif atau mengandung partikel abrasif, hal ini dapat menyebabkan cepatnya abrasi dan korosi pada permukaan *seal*, yang pada akhirnya dapat mempercepat terjadinya retak.

Namun pada Pompa Sentrifugal G-930 A yang dimana pompa ini digunakan untuk mengalirkan air panas kepada reaktor dan air panas yang dibalikkan ke coal generator yang dimana kemudian disalurkan ke pembangkit listrik, setelah terlaksanakannya *corrective maintenance* terhadap Pompa ini penulis dapat menganalisis bahwasannya permasalahan yang terjadi pada pompa ini yakni kebocoran dan vibrasi yang tinggi bermula dari keretakan pada *carbon seal* dalam komponen *mechanical seal* pada pompa tersebut yang dimana keretakan dari *carbon seal* membuat air panas yang dialirkan ini hingga bocor dan juga membuat getaran atau vibrasi meningkat sangat tinggi sehingga dikarenakan vibrasi yang tinggi ini terjadi dan pula air panas yang bocor maka suhu pada pompa sentrifugal G-930 A ini meningkat.

Dikarenakan *corrective maintenance* terhadap *mechanical seal* ini dapat disebut *high cost* maka untuk menghindari pengeluaran yang berlebihan ini



harus diterapkan *maintenance* dan pemantauan secara teratur dan lebih disiplin lagi pada pompa sentrifugal dan *mechanical seal* yang terdapat padanya karena sangat penting untuk mencegah terjadinya keretakan pada *carbon mechanical seal* dan menjaga performa mesin secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa langkah yang dapat dilakukan:

1. Pemantauan Suhu dan Tekanan: Lakukan pemantauan secara rutin terhadap suhu dan tekanan pada pompa sentrifugal. Pastikan suhu dan tekanan berada dalam rentang yang aman untuk mencegah *overheat* atau *overpressure* yang dapat merusak seal dan komponen lainnya.
2. Pemeriksaan *Visual*: Lakukan pemeriksaan *visual* secara berkala terhadap kondisi pompa sentrifugal dan *seal*. Perhatikan apakah terdapat tanda-tanda kebocoran, aus, atau kerusakan pada bagian-bagian tertentu.
3. Pemeriksaan *Seal*: Periksa kondisi *seal* secara khusus, termasuk *carbon mechanical seal*. Pastikan tidak ada kebocoran atau retakan pada *seal*. Ganti *seal* yang sudah aus atau mengalami kerusakan untuk mencegah kebocoran fluida yang dapat merusak komponen lainnya.
4. Pelumasan yang Tepat: Pastikan pompa sentrifugal dan *seal* dilumasi secara tepat sesuai dengan rekomendasi produsen. Pelumasan yang kurang atau berlebihan dapat mengakibatkan gesekan yang berlebihan dan merusak *seal*.
5. Pembersihan dan Perawatan: Lakukan pembersihan secara berkala terhadap pompa sentrifugal dan *seal* untuk menghindari penumpukan kotoran atau endapan yang dapat mengganggu kinerja mesin. Lakukan perawatan sesuai dengan panduan produsen untuk menjaga performa mesin secara optimal.
6. Rekam Catatan *Maintenance*: Selalu catat semua kegiatan *maintenance* dan pemantauan yang dilakukan, termasuk tanggal penggantian *seal*, pelumasan, dan pemeriksaan rutin lainnya. Catatan ini akan membantu dalam menentukan jadwal pemeliharaan selanjutnya dan mendeteksi masalah dengan cepat.

Setelah perbaikan pada *carbon seal* dalam komponen *mechanical seal* terlaksanakan dan sudah diperiksa kembali bahwasannya tidak ada kerusakan lainnya dan mesin siap dijalankan. Pompa Sentrifugal G-930 A ini berjalan jauh lebih baik dari sebelumnya dimana sudah tidak ada kebocoran cairan, kebisingan yang berlebihan serta getaran yang masih batas toleransi yang dimana hasil dari pengambilan data setelah *maintenance* pada pompa sentrifugal G-930 A dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Vibrasi Pompa setelah *maintenance*

Deskripsi	<i>Motor</i>	<i>Pump</i>
Horizontal (<i>Inboard</i>)	69 μ	62 μ
Vertikal (<i>Outboard</i>)	48 μ	41 μ

Dapat dibilang bahwa *corrective maintenance* yang diterapkan oleh penulis berjalan dengan lancar dan mesin Pompa Sentrifugal G-930 A sudah bisa berjalan dengan optimal dan dipergunakan semestinya oleh PT. Polychem Indonesia Tbk.

Perbandingan antara metode lama (*Preventive Maintenance*) dan metode baru (*Predictive Maintenance*) untuk perawatan pada Pompa Sentrifugal G-930 A menunjukkan bahwa metode lama, yang menggunakan jadwal tetap untuk perawatan dan inspeksi manual, seringkali kurang efisien karena mengharuskan penggantian komponen yang masih berfungsi dan tidak selalu mendeteksi masalah yang berkembang di antara jadwal pemeliharaan. Sebaliknya, metode baru menggunakan teknologi canggih dan analisis data untuk memantau kondisi aktual peralatan, sehingga perawatan dilakukan berdasarkan kebutuhan yang sebenarnya. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya operasional dengan menghindari *downtime* yang tidak terencana, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan umur panjang Pompa Sentrifugal G-930 A melalui pendekatan yang lebih proaktif dan responsif.

Berikut ini merupakan Standar ISO 10816-7 yang dimana standar ini memberikan panduan untuk mengevaluasi tingkat getaran pada pompa rotodinamik, termasuk pompa sentrifugal dengan desain “tarik-belakang”.

Standar ini menetapkan batas getaran yang dapat diterima berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada bagian yang tidak berputar.

ISO 10816-7 mengkategorikan tingkat keparahan getaran menjadi empat zona:

1. Zona A: Baik – Tingkat getaran dalam zona ini umumnya dianggap dapat diterima untuk operasi jangka panjang.
2. Zona B: Memuaskan – Pompa yang beroperasi dalam zona ini biasanya dapat diterima untuk operasi jangka panjang tanpa batas, tetapi mungkin memerlukan pemantauan yang lebih ketat.
3. Zona C: Tidak Memuaskan – Getaran dalam zona ini biasanya dianggap tidak dapat diterima untuk operasi terus-menerus jangka panjang, dan tindakan korektif biasanya diperlukan.
4. Zona D: Tidak Dapat Diterima – Tingkat getaran dalam zona ini tinggi dan menimbulkan risiko kerusakan pada pompa. Tindakan korektif segera diperlukan.

DIN ISO 10816-7	Category 1		Category 2		
Pump type	Rotor dynamic pumps with high reliability, availability or security requirements		Rotor dynamic pumps for general or less critical applications		r < 600 rpm
Power	<200 kw	>200 kw	<200 kw	>200 kw	0.5 rpm 1.0 rpm 2.0 rpm
Velocity v_{rms}	7.6		9.5		Displacement S _{p-p} um
10- 1000 Hz r > 600rpm	6.5		8.5		
2- 1000 Hz r < 600rpm	5.0		6.1		
	4.0		5.1		130
	3.5		4.2		80
	2.5		3.2		50
mm/s rms			mm/s rms		

A Newly commissioned machines

B Unrestricted long term operation

C Restricted long term operation

D Vibration causing damage

Gambar 4.13 TABEL ISO 10816-7

(Sumber: vibsens.com)